

## ラマン散乱を用いて SiC の物性をどのように評価するか (連載 その2)

中島信一 大阪大学 名誉教授  
三谷武志 産業技術総合研究所

### 2. ラマン散乱でどのようにしてSiC の極性面を判定するか

#### 2.1 SiC の極性面について

SiC の(0001)面は極性を持った面です。この極性面の片側の表面が Si で終端されその反対側の面はかならず C 面になっています。Si 面と C 面の化学的、機械的性質は面極性に依存しており[1]、エッチング速度やエッチピット形状は面によって異なり、さらに結晶成長表面[2,3]、酸化膜の成長速度[4,5]も面極性に強く依存します。従って ウェハ加工の前に極性面を知っておく必要があります。市販ウェハであればオリフラがあるから、どちらの面かは即座に判断できますが、オリフラのない SiC 小片であればすぐには判定できず、通常はエッチングを施してエッチピットの形から判定せざるを得ません。しかしこれは手間のかかる作業で、かつ破壊検査になってしまいます。

#### 2.2 極端紫外ラマンスペクトル測定 と極性面の判定

私達は(0001)面を持つ SiC ウェハを 極紫外(DUV: Deep Ultra Violet: )光を励起光源とする極紫外顕微ラマン分光装置を用いて測定を行い、そのスペクトルから Si(0001)面、C(000-1)面の判定が容易に行えることを見いだしました。この極性面判定に用いた極紫外ラマン分光装置は、関東経済局の支援を受け産業技術総合研究所で構築されたもので、励起光源にはアルゴンレーザー(発振波長:488 nm)の2 通倍波である 244nm 光を用いています[6]。この極紫外光を用いることで、励起光の SiC に対する侵入長を約 200nm に制限することが可能です。先ず図(1)に 4H-, 6H-, 15R-SiC の Si 面と C 面に対

する DUV 光を励起光源とする後方散乱配置で測定したラマンスペクトルを示します。4H-SiC に対しては  $200\text{ cm}^{-1}$  付近に、TA 分枝の折り返しモード (FTA モードと名付けている) が観測されますが、このモードは 2 本のバンドで構成されるダブルレット構造を持っています。ここで注目してほしいのはこのダブルレットの各成分の相対強度が Si 面と C 面で異なる事です。ところが可視光励起のラマンスペクトルではこのダブルレットの相対強度は Si 面と C 面に対して変わりがなく[7]、ラマンスペクトルは全く同じでした。さらに YAG レーザー光の 2 通倍波である 266nm の DUV 光を用いてラマンスペクトルを調べましたが、244nm 励起と同じように、やはりダブルレットの相対強度の面依存性が認められました。この FTA ダブルレットの相対強度に対する極性面依存性は 4H-SiC だけに限ったことではなく、図(1)に示すように他のポリタイプ、6H、15R などでも同様に見られました[7]。さらにこの FTA ダブルレットに対する極性面依存性はラマン活性な他の FTA、FLA、FLO バンドに対しても常に観測されました。この FTA ダブルレットの相対強度が極性面に依存して変わることとを定量的に理論解析することは簡単ではありません。半無限の SiC 固体の表面フォノンモードを解析する試みは今までのところ成功していないからです。

### 2.3 極紫外励起ラマンスペクトルで FTA モードの極性面依存性が観測される理由

極性面依存性が見られる理由として、私達は以下のような推察しています。まず、可視光の場合には SiC は透明であるため、励起光は結晶深部まで進入するので、結晶内部での減衰がなく、フォノンモード強度分布が一定になります(図(2) a)。この場合フォノンは伝搬モードになるため、フォノンの強度分布は最表面が Si であるか C であるかには関係しないこととなります。従ってダブルレットの相対強度は面に依存しないと考えられます。一方、DUV 入射光は SiC の強い吸収のため、表面層で内部に向かって指数関数的

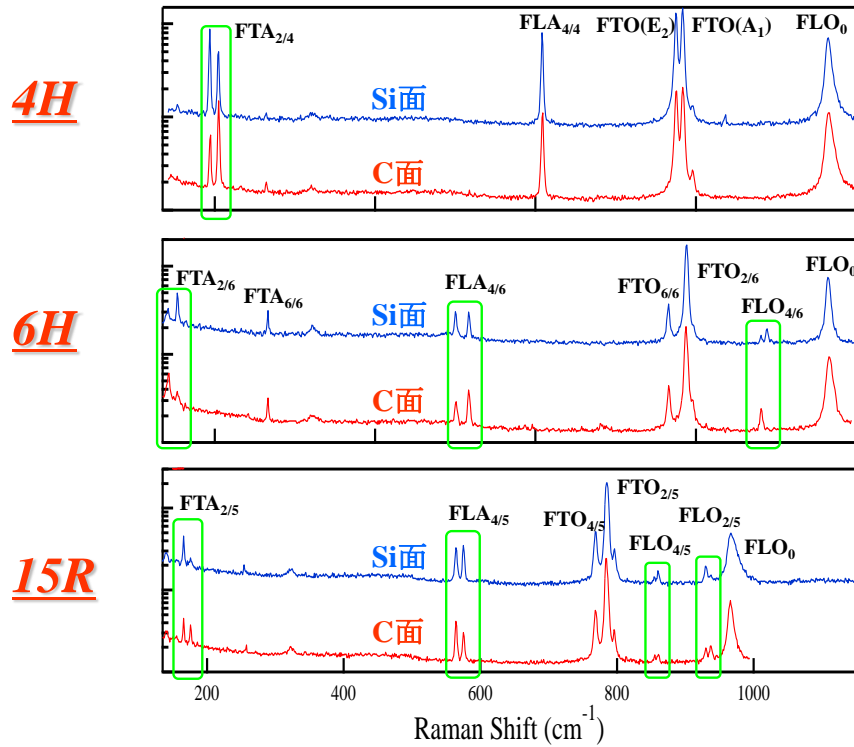
に減衰する強度分布をしています(図(2)b)。従って入射光によって生成されるフォノンの振幅は表面で最大となり、振幅の深さ方向の分布は励起光強度が勾配を持つ狭い領域で減衰します。このような場合、最表面がSiであるかCであるかによってそのフォノン振幅分布が変わってくると考えられます。従ってフォノンの振幅に関するFTA ダブルレットのラマン強度が面依存を示すようになると考えています。

この極性面判定法はSiC以外の半導体にも適用可能と考えられます。ただしSiCポリタイプのようにダブルレット構造を持った折り返しモードが観測される物質は多くありません。ラマン強度の極性面依存性があることで相対強度が比較可能なモードの対を見つける必要があると思われまます。この DUV ラマン分光による $\alpha$ -SiC の極性面判定法では、試料に触れる必要も無く、測定時間も数十秒間ですみ、計算をすることも全く必要ありません。この判定法は分光装置があれば手軽にできる優れたものです。この判定法は特許として登録されています。私達は多くの方がこの極性面判定法を利用されることを期待しています。

#### 文献

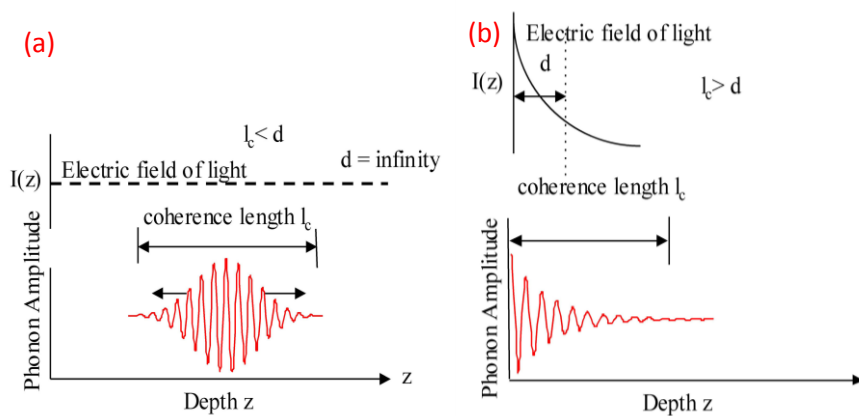
- [1] X-F. Chen, X-G. Xu, X-B Hu, J. Li, S-Z. Jiang, L-N. Ning, Y-M. Wang, M-H. Jiang, Mater. Sci. Eng. B **142** (2007) 28.
- [2] J. Takahashi, N. Ohtani, M. Kanaya, Jpn. J. Appl. Phys, **34** (1995) 4694.
- [3] N. Ohtani, M. Katsuno, T. Aigo, T. Fujimoto, H. Tsuge, H. Yashiro, M. Kanaya, J. Cryst. Growth, **210** (2000) 613.
- [4] T. Yamamoto, Y. Hijikata, H. Yaguchi, S. Yoshida, Jpn. J. Appl. Phys, **46** (2007) L770-L772.

- [5] T. Yamamoto, Y. Hijikata, H. Yaguchi, S. Yoshida, Jpn. J. Appl. Phys., **47** (2008) 7803-7806.
- [6] S. Nakashima, H. Okumura, T. Yamamoto, R. Shimidzu, Appl. Spectroscopy, **58** (2004) 224.
- [7] S. Nakashima, T. Mitani, T. Tomita, T. Kato, S. Nishizawa, H. Okumura, H. Harima, Phys. Rev. B **75** (2007) 115321.
- [8] 特開 2007-071747、極性半導体の面極性判定方法、中島信一、三谷武志、西澤伸一、加藤智久、奥村元



図(1) 極紫外(DUV)ラマンによるSiC(0001)面のラマンスペクトル

FTA や FLA などのダブルレットモードの相対強度が Si 面と C 面で異なる事が見いだされた。DUV 光励起のみで観測され、可視励起光では観測されない現象。



図(2) DUV 光によって励起された表面フォノンの振る舞い

- (a) フォトンが存在する領域  $d$  がフォノンのコヒーレンス長  $l_c$  より長い ( $l_c < d$ ) 場合、  
 (b)  $l_c > d$  の場合